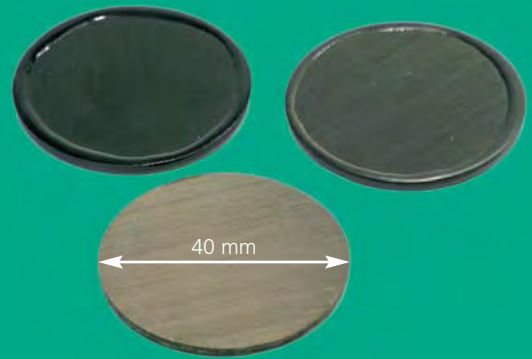


1



2

# KANTENVERSIEGELUNG REMOTE-LASERGESCHNITTENER FASERKUNSTSTOFFVERBUNDE

## DIE AUFGABE

Das Remote-Laserstrahlschneiden mit kontinuierlich emittierenden Strahlquellen bietet bei der Anwendung auf die Materialklasse der Faserkunststoffverbunde Vorteile gegenüber den klassischen mechanischen Trennverfahren wie Fräsen, Bohren oder Wasserstrahlschneiden. Die hohe Härte und Sprödigkeit der Glas- und Kohlenstofffasern in Verbindung mit den viskoelastischen Eigenschaften der polymeren Matrix führen hier üblicherweise zu einem hohen Werkzeugverschleiß. Die kraft- und berührungslose Arbeitsweise des Laserstrahls erlaubt hingegen Schnittkanten mit gleichbleibender Fertigungsqualität ohne Delaminationen und eine hohe Produktivität bei guter Automatisierbarkeit (Abb. 1 und 2).

Technologiebedingt tritt jedoch eine Wärmeeinflusszone auf. Durch die deutlich voneinander abweichenden Zersetzungstemperaturen der Polymere und Verstärkungsfasern zieht sich das Matrixmaterial durch die thermische Einwirkung des Lasers von der Schnittkante zurück (Abb. 3). Es verbleiben freiliegende Faserenden mit Kapillarwirkung und ein unregelmäßig beschaffener Rand der Kunststoffkomponente. Die große, von Filamenten durchbrochene Oberfläche lässt eine erhöhte Wasseraufnahme zu, was mit einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften einhergeht.

Unabhängig von der Schneidmethode führen insbesondere bei den kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) freiliegende Faserenden zu Korrosionsproblemen. Unter elektrochemischen Gesichtspunkten handelt es sich bei Graphit um einen edlen Werkstoff. Bei strukturellen Fügeverbindungen mit dem unedleren Leichtbauwerkstoff Aluminium sind daher entsprechende Gegenmaßnahmen erforderlich.

## UNSERE LÖSUNG

Am Fraunhofer IWS Dresden wurde geprüft, inwieweit das Remote-Laserstrahlschneiden von Faserkunststoffverbunden generell zu einer erhöhten Wasseraufnahme führt und ob das Aufbringen von Kunststoffen als Kantensiegelung bei lasergeschnittenen endkonturbearbeiteten Strukturkomponenten aus CFK zu Eigenschaftsverbesserungen in feuchter Umgebung führt.

Dazu wurden umfangreiche Versuche an lasergeschnittenen und gefrästen CFK-Mehrschichtverbunden mit orthogonalem Aufbau durchgeführt. Die Feinwägung kreisrunder, im Wasserbad bei 60 °C ausgelagerter Probestücke über einen längeren Zeitraum ermöglicht die Quantifizierung der Feuchteaufnahme und bildet die Grundlage für den Vergleich der Behandlungsverfahren.

Darüber hinaus erfolgte eine Bewertung verschiedener thermo- und duroplastischer Kunststoffe hinsichtlich ihrer Eignung als Versiegelung. Neben der Barrierewirkung gegenüber Wassereintrag war dabei auch die Handhabung der unvernetzten ein- oder zweikomponentigen Polymere mit Hinblick auf eine automatisierte Kantennachbehandlung von Bedeutung. Als duroplastische Versiegelungssysteme wurden niedrigviskoses Epoxid- und ungesättigtes Polyesterharz untersucht. Der verarbeitete Thermoplast ist Polypropylen. Beim Grundwerkstoff handelt es sich um ein im Prepreg-Pressverfahren hergestelltes CFK mit Epoxidmatrix und hochfesten HT-Fasern.



## ERGEBNISSE

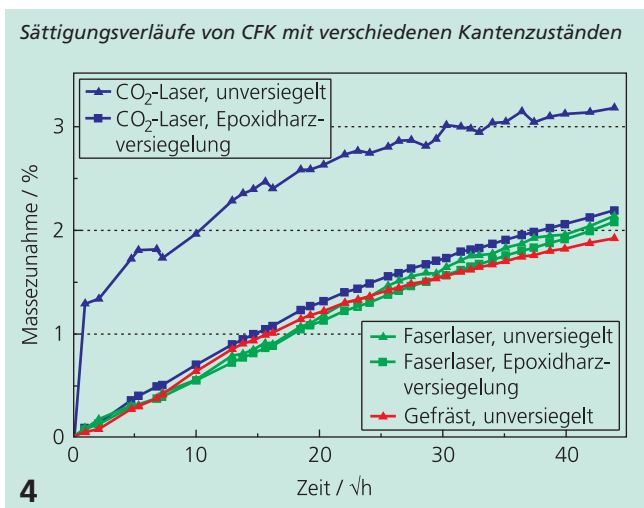
Beim Schneiden mit CO<sub>2</sub>-Laser bilden sich in den CFK-Mehrschichtverbunden Wärmeinflusszonen von bis zu 500 µm aus. Ursache dafür ist die vergleichsweise schlecht fokussierbare Strahlung im mittleren Infrarotbereich, die lange Wechselwirkungszeiten zwischen Laser und Material erfordert. Die langen freiliegenden Enden der Filamente stellen Kapillare mit großem Speichervermögen dar.

Das Auslagern der Proben im Wasserbad führt zu einer starken Massezunahme des Faserverbundes (Abb. 4). Ab der ersten Wägung wird das durch die Kapillaren aufgenommene freie Wasser mit eingemessen. Unter Einsatzbedingungen ist es denkbar, dass freies Wasser an den Kanten dauerhaft angelagert bleibt und für eine Diffusion in die Kunststoffmatrix zur Verfügung steht. Das Schneiden von CFK mit dem CO<sub>2</sub>-Laser ist daher ungünstig.

Eine nachträgliche Kantenversiegelung des mit CO<sub>2</sub>-Laser bearbeiteten CFK-Materials zeigt große Wirkung. Eine solche Nachbehandlung verhindert die sprunghafte Wasseraufnahme des Materials und verschiebt die Sättigungskurve in den Bereich des mechanisch bearbeiteten, unversiegelten CFK-Materials (Abb. 4).

Deutlich bessere Ergebnisse werden beim Schneiden von CFK mit dem Faserlaser erzielt. Die Wasseraufnahme ist mit jenen gefrästher Probekörper vergleichbar. Allein die Änderung der Wellenlänge des eingesetzten Lasers führt also zu einer geringeren Wasseraufnahme des bearbeiteten Werkstoffes. Eine nachträgliche Kantenversiegelung bringt demgegenüber keine wesentliche Eigenschaftsverbesserung, die Wasseraufnahme betreffend.

Im Hinblick auf die Nachbehandlung der Schnittkanten bietet Epoxidharz die besten Verarbeitungseigenschaften. Es haftet zuverlässig am CFK-Grundwerkstoff an. Zudem gibt es schnellhärtende und mit ultraviolettem Licht oder einer anderen Energiequelle aktivierbare Systeme, die sich gut für einen automatisierten Prozess mit kurzen Taktzeiten eignen. Ein nachträgliches Aufbringen von Polypropylen ist dagegen nicht dienlich. Die aufgetragene Schmelze haftet nicht am CFK und bietet keine Barrierewirkung. Die Verwendung von Polyesterharz stellt ebenfalls keine Alternative dar, weil die mit der Aushärtung verbundene starke Schwingung zur Ablösung der Versiegelung führt.



- 1 Prinzip eines Remote-Scanners zum Schneiden von Faserkunststoffverbunden
- 2 mit Faserlaser geschnittene CFK-Proben ohne Nachbehandlung (unten) sowie mit Epoxidharz- (oben links) und Polyesterharznachbehandlung (oben rechts)
- 3 Mikroskopieaufnahme einer Remote-laserschnittenen CFK-Kante im Querschnitt

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Michael Rose

+49 351 83391-3539

michael.rose@iws.fraunhofer.de

